

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Segment válečkového dopravníku s nastavitelným sklonem

Segment of a gravity roller conveyor with adjustable slope

Student:

Jan Dziak

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Zdeněk Konečný Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra robotiky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Dziak**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2301R013 Robotika  
Téma: **Segment válečkového gravitačního dopravníku s nastavitelným sklonem**  
**Segment of a Gravity Roller Conveyor with Adjustable Slope**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- 1) Analyzujte možnosti použití gravitačních dopravníků s přihlédnutím na válečkové dopravníky. Specifikujte objekt manipulace.
- 2) Navrhněte jednoduchou dispozici s použitím gravitačního dopravníku. Definujte požadavkový list.
- 3) Navrhněte varianty konstrukčního řešení válečkového gravitačního dopravníku.
- 4) Vyberte nejvhodnější variantu, kterou podrobně zpracujte, doložte technickou zprávou, potřebnými výpočty a úplnou výkresovou dokumentací.
- 5) V závěru zhodnoťte navrženou variantu a vypočítejte náklady na výrobu navrženého válečkového gravitačního dopravníku.

Práci též doložte v elektronické podobě, ve formátu editoru MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online]. [cit. 2012-11-07]. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace>](http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace)
- [2] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [3] ISO 690. *Bibliografické citace: Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [4] Moodle, kurz: Technická dokumentace ZS 2012. [online]. [cit. 2013-10-13]. Dostupné z [www: <http://lms.vsb.cz/course/view.php?id=5803>](http://lms.vsb.cz/course/view.php?id=5803)
- [5] KÁRNÍK, L. *Periferní zařízení RTP*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. 127 s. ISBN 80-248-1221-5.
- [6] BURKOVIC, Jan. *Navrhování RTP*. [online]. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Strojní fakulta, 2002 [cit. 2012-11-07]. 112 s. ISBN 80-248-0217-1. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/file.php/navrhovani-rtp.pdf>](http://robot.vsb.cz/file.php/navrhovani-rtp.pdf)

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

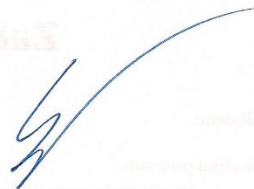
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



prof. Dr. Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

## Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě : 15.5.2017



podpis

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomovou (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 15.5.2017



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jan Dziak

Adresa trvalého pobytu autora práce: Vlasty Vlasákové 969/20, Ostrava – Bělský Les,  
700 30

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Jan Dziak, Segment válečkového gravitačního dopravníku s nastavitelným sklonem. Ostrava: Katedra robotiky – 354, Fakulta strojní, VŠB - Technická Univerzita Ostrava, 2017. Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Zdeněk Konečný Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem válečkového gravitačního dopravníku. K návrhu dopravníku bylo použito počítačové modelování. Byly vytvořeny tři varianty řešení, které byly následně srovnány. Výsledná varianta byla vypočtena na průhyb. Byla vypočtena síla na pohon pro zvedání a zkontrolován úhel sklonu válečkové trati. Poté byly nakresleny výkresy pro výslednou variantu a byly vypočteny náklady na výrobu.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

Jan Dziak, Segment of a gravity roller conveyor with adjustable slope. Ostrava: Department of robotics – 354, Faculty of mechanical engineering, VŠB – Technical University of Ostrava, 2017. Thesis head: doc. Ing. Zdeněk Konečný Ph.D.

The bachelor thesis deals with the proposal of the roller gravitational conveyor. Computer modeling was used to design the conveyor. Three variants were created, that have been compared. The resulting variant was calculated based on deflection. Was calculated the force on the actuator for lifting and checked the angle of inclination of the roller track. They were then drawn drawings for a resulting variant, and were calculated production costs.

# Obsah

<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>8</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>10</b>
<b>Seznam použitých značek a symbolů .....</b>	<b>11</b>
<b>Slovník termínů .....</b>	<b>12</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>13</b>
<b>1 Analýza současných typů dopravníku .....</b>	<b>14</b>
<b>2 Návrh řešení dopravníku .....</b>	<b>18</b>
2.1 Požadavkový list .....	18
2.2 Varianta 1 .....	19
2.3 Varianta 2 .....	21
2.4 Varianta 3 .....	23
2.5 Vícekriteriální analýza .....	24
<b>3 Výsledná varianta řešení .....</b>	<b>26</b>
3.1 Ramena dopravníku .....	26
3.2 Klouby .....	26
3.3 Nohy .....	28
3.4 Patky .....	28
3.5 Pneumatický válec .....	30
3.6 Bezpečnostní vedení .....	32
3.7 Válečky .....	33
3.8 Podoba výsledné varianty .....	35
<b>4 Výpočtová část .....</b>	<b>36</b>
4.1 Výpočet síly pro pneumatický pohon .....	36
4.2 Výpočet průhybu ramene dopravníku .....	37
4.3 Výpočet válečkové trati .....	41
<b>5 Výpočet nákladů .....</b>	<b>44</b>
<b>6 Závěr .....</b>	<b>50</b>
<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>52</b>
<b>Přílohy .....</b>	<b>53</b>

## Seznam obrázků

Obr. 1 – Gravitační dopravník .....	14
Obr. 2 – Válečková lišta .....	15
Obr. 3 – Váleček s integrovaným ložiskem .....	16
Obr. 4 – Váleček s ložiskem řady 60;62 .....	16
Obr. 5 – Válečky s límcem .....	16
Obr. 6 – Konstrukce dopravníku .....	17
Obr. 7 – Schéma dopravníkové cesty .....	18
Obr. 8 – Návrh první varianty .....	19
Obr. 9 – Mechanismus a zajištění polohy .....	20
Obr. 10 – Pohon a zajištění prostředních řad nohou .....	20
Obr. 11 – Návrh válečku .....	21
Obr. 12 – Návrh druhé varianty .....	21
Obr. 13 - Patka .....	22
Obr. 14 – Ozubený mechanismus .....	22
Obr. 15 – Návrh třetí varianty .....	23
Obr. 16 – Umístění válce a zajištění polohy .....	23
Obr. 17 – Profil P45x90L[5] .....	26
Obr. 18 – Kloub 45x45 .....	27
Obr. 19 – Upevnění kloubu .....	27
Obr. 20 – Silový rozbor kloubu[5] .....	27
Obr. 21 – Profil P45x45L 1N[5] .....	28
Obr. 22 – Sestava patky šroubovaná .....	29
Obr. 23 – Svařenec patky .....	29
Obr. 24 – Rozmístění patek .....	30
Obr. 25 – Upevnění válce k dopravníku .....	30
Obr. 26 – Upevnění válce k podlaze .....	31
Obr. 27 – Prvotní návrh upevnění vedení .....	32
Obr. 28 – výsledné řešení upevnění vedení .....	33
Obr. 29 – Prvotní návrh válečků .....	34



---

Obr. 30 – Upevnění typizovaných válečků.....	34
Obr. 31 - Konečná podoba varianty.....	35
Obr. 32 – Výpočtové schéma.....	36
Obr. 33 – Profil A - rozměry.....	37
Obr. 34 – Profil B - rozměry.....	37
Obr. 35 – Nosník se třemi podporami - parametry .....	39
Obr. 36 – Parametry profilu a materiálu .....	39
Obr. 37 – Výsledky profilu B se třemi podporami .....	39
Obr. 38 – Nosník se čtyřmi podporami – parametry .....	40
Obr. 39 – Výsledky profilu B se čtyřmi podporami .....	40
Obr. 40 – Působení sil při posouvání břemena [8] .....	41

---

## Seznam tabulek

Tab. 1 – Požadavkový list.....	18
Tab. 2 – Přiřazení bodů dle důležitosti .....	24
Tab. 3 – Bodovací metoda .....	25
Tab. 4 – Hodnocení variant.....	25
Tab. 5 – Procentuální vyjádření .....	25
Tab. 6 – Technické údaje pneumatického válce [6] .....	31
Tab. 7 – Technické údaje ložiskového domku [6].....	32
Tab. 8 – Hodnoty pro výpočet pohonu .....	36
Tab. 9 – Zadávané hodnoty pro MITCalc.....	38
Tab. 10 – Hodnoty pro výpočet válečkové trati.....	41
Tab. 11 – Náklady na rám.....	44
Tab. 12 – Náklady na opracování profilů .....	45
Tab. 13 – Náklady na pohon a válečky.....	45
Tab. 14 – Náklady spojovacího materiálu .....	46
Tab. 15 – Náklady sestava patky zadní.....	47
Tab. 16 – Náklady sestava patky střední .....	47
Tab. 17 – Náklady sestava patky přední .....	48
Tab. 18 – Náklady součásti pro sestavu válce .....	48
Tab. 19 – Náklady na úhelníky .....	49

## Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Název veličiny	Jednotka
<b>A</b>	Plocha	mm <sup>2</sup>
<b>D</b>	Průměr válečku	mm
<b>d</b>	Průměr čepu válečku	mm
<b>E</b>	Modul pružnosti	MPa
<b>e</b>	Rameno valivého tření	mm
<b>F</b>	Síla	N
<b>g</b>	Tíhové zrychlení	m*s <sup>-2</sup>
<b>I</b>	Kvadratický moment průřezu	mm <sup>4</sup>
<b>J</b>	Hmotný moment setrvačnosti	Kg*m <sup>-1</sup>
<b>L</b>	Délka	mm
<b>m</b>	Hmotnost	kg
<b>Q</b>	Spojité zatížení	N*mm <sup>-1</sup>
<b>R</b>	Vzdálenost působení síly	mm
<b>S</b>	Průřezový modul	mm <sup>3</sup>
<b>t</b>	Rozteč válečků	mm
<b>v</b>	Rychlost	M*s <sup>-1</sup>
<b>y</b>	Průhyb	mm
<b>w</b>	Součinitel odporu	-
<b>γ</b>	Hustota	Kg*m <sup>-3</sup>
<b>ε</b>	Úhel sklonu dopravníku	°
<b>ω</b>	Úhlová rychlost	Rad*s <sup>-1</sup>
<b>μ</b>	Součinitel tření	-
<b>σ</b>	Napětí dovolené	MPa

## **Slovník termínů**

**PVC** – PolyVinylChlorid – umělá hmota (plast) v tomto případě určená k povlakování

**ČSN** – Česká Statní Norma – určuje požadavky na vlastnosti součástí

**OM** – Objekt manipulace

**Profil** – Tyč určitého průřezu

**Patka** – konstrukční prvek pomocí něhož můžeme upnout součást k podlaze

**Úhelník** – spojovací součást, díky níž díly jsou v požadované poloze

## Úvod

Bakalářská práce pojednává o návrhu gravitačního válečkového dopravníku. Gravitačního z důvodu, že válečky nejsou poháněné a přepravovaný materiál se posouvá po nakloněné rovině jen vlastní hmotností. Tento typ dopravníku dokáže být velice univerzální, a proto jej lze využít ve všech odvětvích průmyslu. Dopravníky lze dále spojovat s dalšími prvky a jinými typy dopravníku.

V této práci bylo proto navrženo několik variant, které byly porovnány a výsledná varianta upravena do konečné podoby. Následně byla tato varianta doplněna o výpočty a byl proveden návrh ceny navrhované varianty.

## 1 Analýza stávajících typů dopravníku

Gravitační válečkový dopravník (Obr. 1) je zařízení bez pohonu válečků, kde se přepravovaný materiál pohybuje pomocí vlastní hmotnosti a gravitační síly. Slouží k přepravě kusových předmětů nejčastěji krabic, plastových přepravek nebo palet, ale i téměř všech produktů s rovným dnem. Dopravníky se sestavují z přímých drah, oblouků (zátáček) a úhlových napojení. Součástí dopravníkových drah mohou být otočné nebo kuličkové stoly, přesuvny, zdviže (elevátory), výklopná ramena, průchody a váhy. Další skupinou dopravníků jsou výsuvné, teleskopické nebo nůžkové dopravníky, které mohou měnit svou délku. Dopravníky válečkové se kombinují s jinými druhy: pásový, řetězový, řemenový. Proto se dopravníkové tratě využívají ve všech odvětvích průmyslu. Speciálním válečkovým dopravníkem je dopravník firmy KBH určený k dopravě hřídelí nebo trubek. Hojně využívané jsou i válečkové nebo kladičkové lišty kde základem je lišta tvořená profilem U tvaru (Obr. 2). [1]



Obr. 1 – Gravitační dopravník



Obr. 2 – Válečková lišta

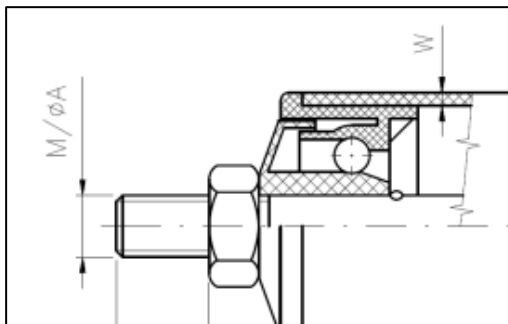
Použití gravitačních dopravníků:

1. Sběrné – odebírají předměty od jednoho pracoviště a předávají je k dalším pracovištím
2. Výrobní tratě – dopravují předměty mezi pracovišti jednotlivých operací, kde jsou postupně odebírány a po provedených úpravách vráceny zpět na dopravník. Na konci výrobní linky je výrobek dokončen.
3. Montážní tratě – na rozdíl od výrobní tratě předmět dopravníkovou trať neopouští.

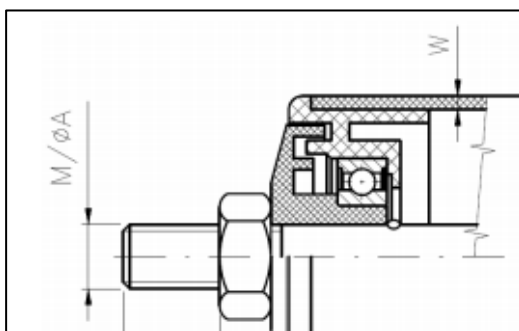
[2]

Válečky jsou nejčastěji cylindrické, kuželové, diskovité nebo různých tvarů vyrábějí se z plastu, které mají tepelnou odolnost od  $-10$  do  $+40$  °C, nebo ocelové či nerezové s odolností vůči teplotě až do  $80$  °C. Ocelové válečky se povlakuji plasty PVC, pryží, teflonem nebo jsou pozinkovány. Součástí válečku jsou kuličková ložiska, ty jsou buď integrovaná ve válečku pro lehká zatížení (Obr. 3) nebo se používají ložiska jednořadá řady 60 a 62 pro normální a těžké zatížení (Obr. 4). Maximální rychlost těchto válečků  $1,2$  až  $2$  m/s. K ocelové konstrukci jsou upevněny pomocí pružné hřídele, závitu nebo v plastových pouzdrech. Součástí válečku může být i brzdící systém přímo uvnitř válečku, případně se přidává ke konstrukci pogumovaný kotouč, který je pomocí pružin přitlačen k válečkům a ty jsou tak

bržděny. Pro velká zatížení až 15 tun se používají místo klasických válečku, válečkové bubny. [3]



Obr. 3 – Váleček s integrovaným ložiskem



Obr. 4 – Váleček s ložiskem řady 60;62

Pro dopravu EURO palet jsou válečky osazené tzv. vodicími límcem (Obr. 5). Standardizovaná rozteč mezi válečky dle normy ČSN 26 4501 je 200 mm. Sklon dopravníku se pohybuje od  $2^\circ$  do  $5^\circ$ . Dopravní rychlost palet na dopravníku je pak 0,1-1 m/s.



Obr. 5 – Válečky s límcem



Konstrukce dopravníků se skládají z ocelových nebo hliníkových profilů (Obr. 6) a jsou příčně zpevňovány výztuhami v určitých rozstupech. Pro velké předměty se volí dopravníky se dvěma řadami válečků vedle sebe a jsou rozděleny společným profilem. Dle normy ČSN 26 4511 se dopravníkové tratě dělí na jednořadé nebo dvouřadé. K upevnění dopravníku se používají kotevní šrouby zasazené do betonové podlahy, nebo přivařením patek k ocelové podlaze. Případně mohou být i dopravníky přesuvné nebo pojízdné. Někdy mohou válečky dopravníku být vyšší než profil a lze přepravovat břemena přesahující šířku dopravníku. Když potřebujeme vedení přepravovaného břemena, použijeme profil převyšující válečky nebo vodící lištu, některé z těchto lišt se dají nastavovat na různé šířky.

Rozteč mezi válečky se volí tak, aby dopravovaný předmět ležel alespoň na 3 válečkách zároveň. Konstruováním dopravníkových tratí se zabývá norma ČSN 26 4501, která nám pomůže navrhovat šířky, průměry a délky válečků, případně i délky přímých úseků tratě.



Obr. 6 – Konstrukce dopravníku

Na trhu je mnoho výrobců dopravníků jako jsou DAS, Feifer, Haberkorn, Logsys a mnoho dalších, tudíž i velký rozptyl možností rozměrů drah a válečků a jejich maximální zatížení proto je možné vyrobit dopravník na míru zákazníkovi. Nejsou výjimkou ani dopravníky s nosností až 2000 kg. Přímé dráhy gravitačního dopravníku se skládají modulárně a výrobci dopravníku nabízejí mnoho variant rozměrů těchto modulů. Například firma Feifer dodává dopravníky v délkách 1000, 1500 nebo 2000 mm, šířkách 380, 580, 880 mm a průměry válečků 50 mm, dále se liší roztečí mezi válečky 60, 80 a 100 mm. Nosnost jednotlivých modulů je od 100 do 200 kg/modul u dopravníku s ocelovými válečky a 30-95 kg/1 m u válečků plastových, toto kritérium závisí také na rozměrech modulu. Výškové seřízení dopravníku a následný sklon lze nastavovat v rozmezí 580-920 mm. K zajištění požadované polohy slouží šrouby. Podobné řešení nabízí i firma Haberkorn (Obr. 7).

## 2 Návrh řešení dopravníku

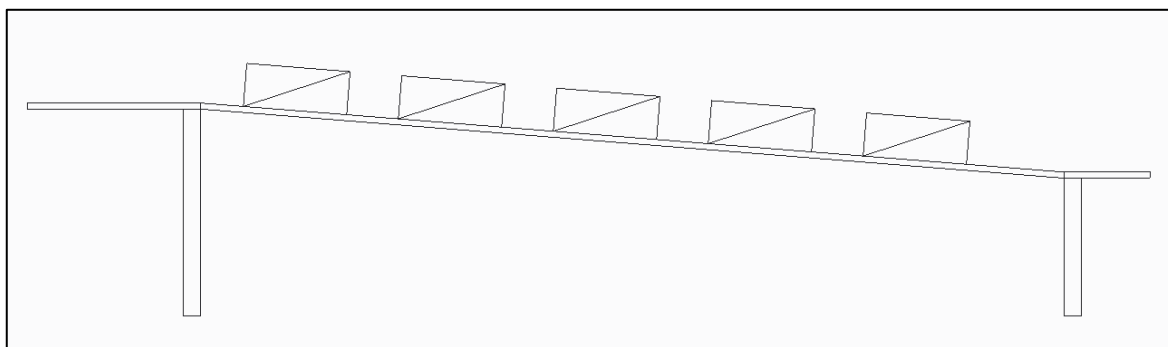
V této kapitole je řešení návrhu pro zadaný dopravník. Prvním krokem bylo stanovení požadavků, které doplňují zadání. Poté byly navrženy tři varianty řešení. Ty byly následně porovnány pomocí vícekritériální analýzy.

### 2.1 Požadavkový list

Slouží jako doplnění zadání. Tudiž byl definován objekt manipulace jeho rozměry, dále rozměry dopravníku a prostředí ve kterém bude umístěn dopravník (Tab. 1).

Tab. 1 – Požadavkový list

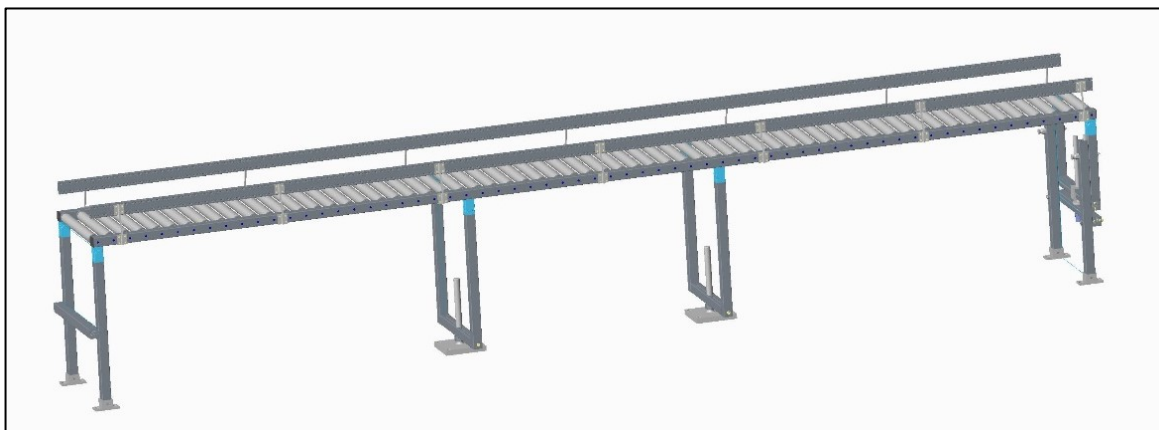
Objekt manipulace (OM)	Plastová přepravka
Rozměry OM	600x400x250 mm
Hmotnost OM	30 kg
Počet přepravek na dopravníku	5
Rozteč válečků (maximální)	300 mm
Materiál válečků	ocel
Délka dopravníku	5000 mm
Výška spodního dopravníku	800 mm
Výška horního dopravníku	1200 mm
Bezpečnostní vedení	Ano
Prostředí	Bez rázů, s normálními podmínkami teploty a vlhkosti, bez zvýšené prašnosti



Obr. 7 – Schéma dopravníkové cesty

## 2.2 Varianta 1

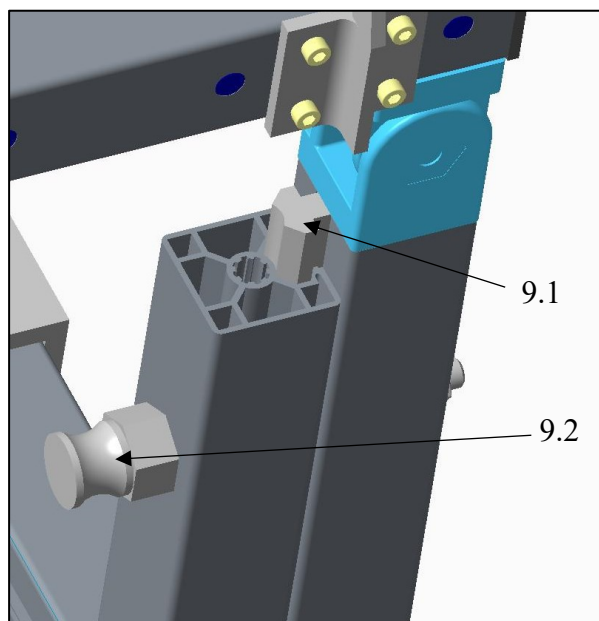
V první variantě byl navržen dopravník s délkou 1 metr, který využívá pohybového šroubu jako pohonu pro změnu sklonu. Tyto metrové moduly by se měli skládat za sebe, tak aby vytvořily požadovanou délku 5 metrů. V další úvaze z hlediska složitosti nastavení jednotlivých modulů na daný úhel a porovnatelnosti byl dopravník prodloužen na zadanou délku 5 metrů (Obr. 8). Dopravník je tvořen profily z hliníkové slitiny a některými ocelovými prvky.



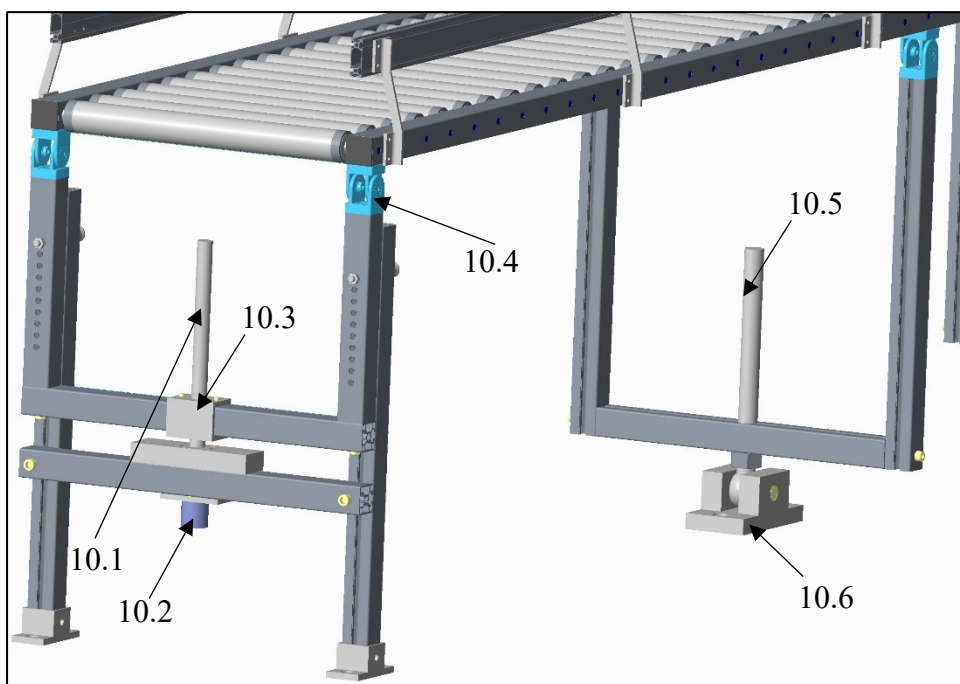
Obr. 8 – Návrh první varianty

Sklon dopravníku lze nastavit v deseti stupních od  $0^\circ$  do  $9^\circ$ . Výška v základní poloze (při nastavení sklonu  $0^\circ$ ) je 800 mm. Upevnění k podlaze se provádí pomocí kotevních šroubů. V šířce 500 mm je dopravník osazen vedením jako ochrana proti pádu přepravovaného materiálu.

Nastavení sklonu dopravníku zvoleno pomocí mechanismu tvořeným dvěma profily a spojenými lištou (9.1), která je upevněna k jednomu z těchto dvou profilů (Obr. 9). Zajištění v požadované poloze je prováděno pomocí šroubu a matice (9.2). Jako pohon byl navržen v tomto případě pohybový šroub a matice. Následně byla provedena změna, pohybový šroub (10.1) byl připojen k motoru (10.2) a matice (10.3) byla pevně připojena k profilu (Obr. 10). Naklopení ramen dopravníku zajišťují klouby (10.4) na jejich koncích. Nohy druhé a třetí řady jsou zajištěny v požadované poloze pomocí šroubu (10.5) a matice, který je připojen kloubově na desce (10.6) připevněné k podlaze (Obr. 10).

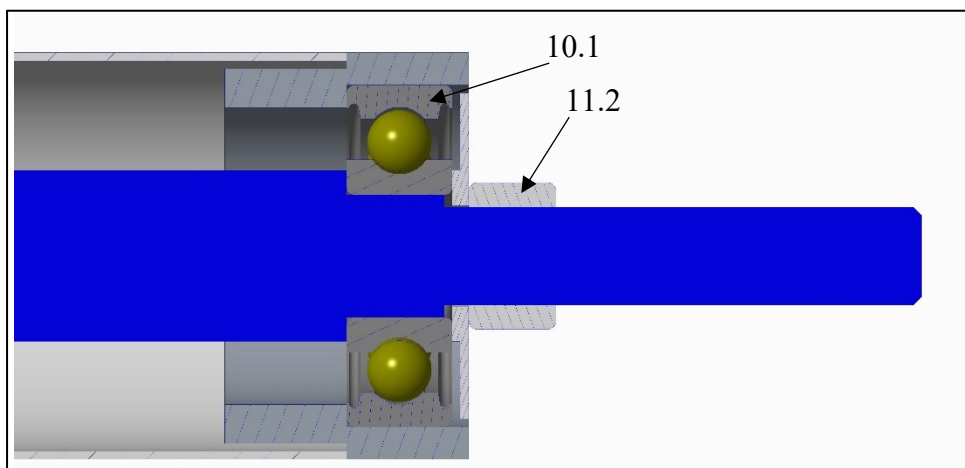


Obr. 9 – Mechanismus a zajištění polohy



Obr. 10 – Pohon a zajištění prostředních řad nohou

Válečky byly navrženy s průměrem 50 mm a osazenými kuličkovými ložisky (11.1), která jsou zajištěná maticí (11.2) (Obr. 11). K rámu jsou válečky upevněny pomocí závitů. Rozteč mezi válečky byla zvolena 80 mm, tudíž přepravka leží zároveň na 7 válečkách. První a poslední váleček v rámu přesahuje délku rámu o 5 mm na každé straně.

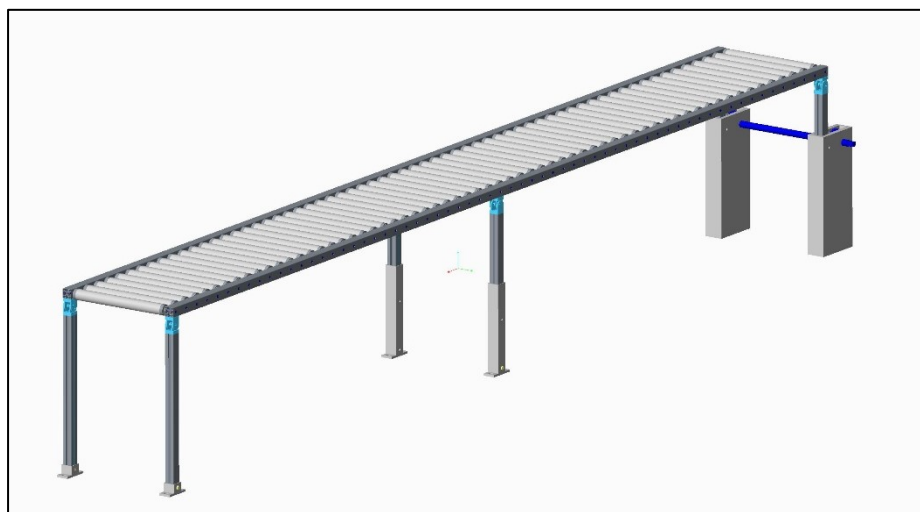


Obr. 11 – Návrh válečku

Výhodou tohoto mechanismu je velká možnost nastavení výšky. Nevýhodou je však složitost konstrukce na výrobu i montáž.

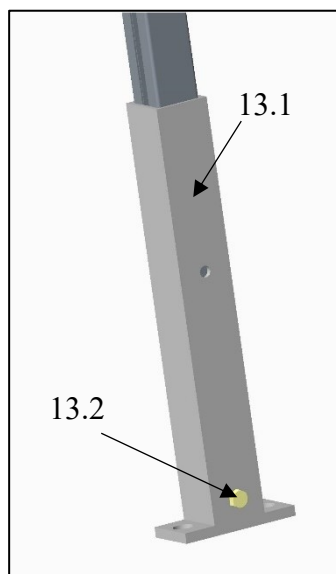
## 2.3 Varianta 2

Druhá varianta (Obr. 12) je nastavitelná pouze do roviny, nebo se sklonem  $5^\circ$ . Dopravník má navrženou délku 5 m. Upevnění k podlaze zvoleno v tomto případě pomocí patek (Obr. 13). Patka (13.1) poskytuje zajištění v požadované poloze, a to za pomoci šroubu (13.2) a matice. Další konstrukce je obdobná první variantě.

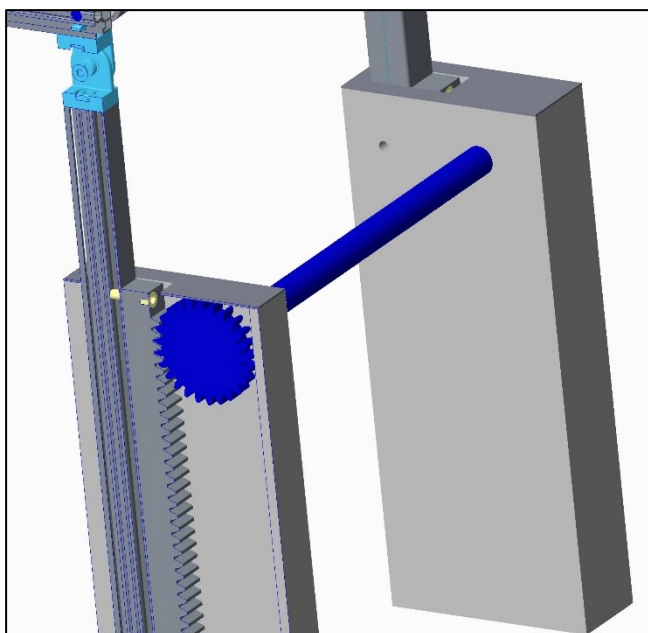


Obr. 12 – Návrh druhé varianty

Zdvih se provádí pomocí ozubeného kola a hřebene (Obr. 14). Kdy při ručním otáčení kliky na jeden straně dopravníku se následně vysouvají nohy. Zajištění v požadované poloze se provádí pomocí šroubu a matice. Nebo lze využít systému rohanky se západkou. Nohy prostřední řady jsou vedeny v patkách a zajištěny šroubem s maticí.



Obr. 13 - Patka



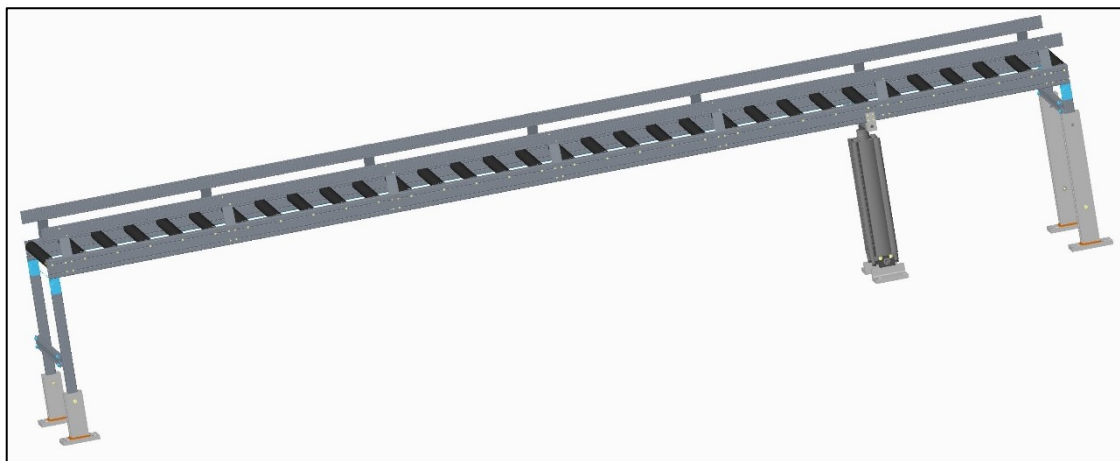
Obr. 14 – Ozubený mechanismus

Válečky jsou stejné jako v první variantě a také jsou rozmístěny.

Jednodušší konstrukce dopravníku zaručuje snadnou výrobu. Naopak náročnost na přesnost ozubení a ostatních dílů sestavy pohonu je nevýhodou. Po určitých úpravách by mohl být dopravník, z důvodu že nepotřebuje energii, přemístitelný.

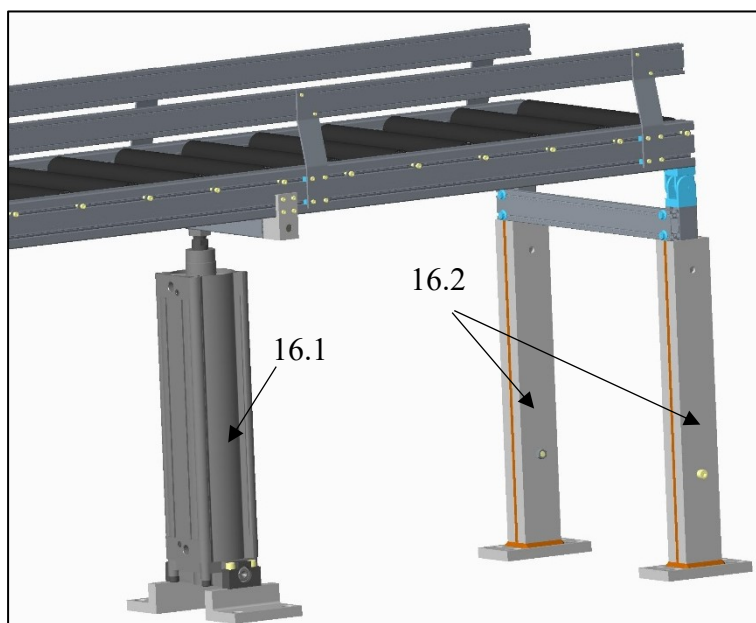
## 2.4 Varianta 3

Ve třetí variantě byl použit pro pohon zvedání pneumatický válec. Toto řešení nabízí nejrychlejší změnu polohy. Stejně jako druhá varianta je nastavitelná pouze ve dvou stupních vodorovná poloha nebo do požadované výšky. Upevnění k podlaze předních a zadních nohou je zajištěno opět stejnými patkami jako u předchozí varianty. Prostřední podporu tvoří válec (Obr. 15).



Obr. 15 – Návrh třetí varianty

Zvedací síla nepůsobí jako v předchozích variantách na konci dopravníku, ale pneumatický válec (16.1) je umístěn ve vzdálenosti 4000 mm od počátku dopravníku. Tudíž mohl být použit válec s menším zdvihem. Na konci dopravníku jsou použité nohy vedené v patkách (16.2), které umožňují zajištění v požadované poloze (Obr. 16).



Obr. 16 – Umístění válce a zajištění polohy

Válečky jsou umístěny v stejných roztečích jako u předchozích variant.

Konstrukce tohoto typu dopravníku je jednoduchá. Nevýhodou může být potřeba rozvodu vzduchu. Což může být v některých podnicích problém.

## 2.5 Vícekriteriální analýza

Cílem této analýzy je určení optimální varianty dle zadaných kritérií. Určil jsem tedy kritéria, dle kterých jednotlivé varianty zhodnotím. Jednotlivým kritériím jsem přiřadil body, které určují důležitost kritéria (Tab. 2). Následně jsem zvolil bodovací metodu (Tab. 3), poté už mohu přiřadit dle této metody body jednotlivým variantám (Tab. 4).

### Kritéria:

K1 – rychlost změny polohy – vhodnější je rychlejší přestavení

K2 – přívod energie – zahrnuje i ruční přestavení dopravníku

K3 – odstupňování – jemnější, zvyšuje univerzálnost dopravníku

K4 – bezpečnost – zajištění v požadované poloze

K5 – údržba pohonu – např. mazání ozubených kol

### Varianty:

Varianta 1 – dopravník s pohybovým šroubem

Varianta 2 – dopravník s hřebenem a ozubeným kolem

Varianta 3 – dopravník s pneumatickým válcem

Tab. 2 – Přiřazení bodů dle důležitosti

Kritérium	Body
<b>K1 – rychlost změny polohy</b>	30
<b>K2 – přívod energie</b>	25
<b>K3 – odstupňování</b>	20
<b>K4 – bezpečnost</b>	15
<b>K5 – údržba pohonu</b>	10
<b><math>\Sigma</math></b>	100



Tab. 3 – Bodovací metoda

<b>Vysoká úroveň</b>	6
<b>Dobrá úroveň</b>	5
<b>Průměrná úroveň</b>	4
<b>Nízká úroveň</b>	3
<b>Nevyhovující úroveň</b>	2
<b>Nepříznivý stav</b>	1

Tab. 4 – Hodnocení variant

<b>Kritérium</b>	<b>Varianta 1</b>	<b>Varianta 2</b>	<b>Varianta 3</b>
<b>K1</b>	4	3	6
<b>K2</b>	5	6	4
<b>K3</b>	6	4	4
<b>K4</b>	4	4	4
<b>K5</b>	4	4	5
<b>Σ</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>23</b>

### Procentuální vyjádření

Dle vzorce  $\frac{a*b}{100}$  vypočítáme procentuální vyjádření bodového hodnocení variant (Tab. 5)

a – body přiřazené variantě dle jednotlivých kritérii

b – body pro dané kritérium

Tab. 5 – Procentuální vyjádření

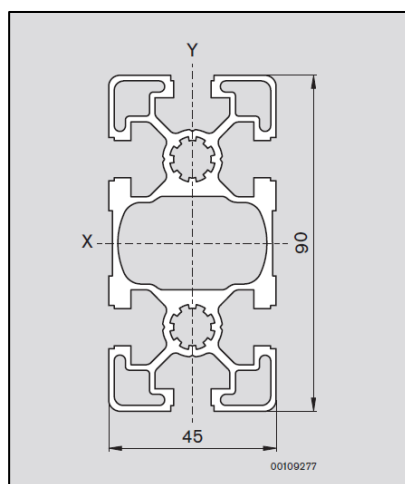
<b>Kritérium</b>	<b>Varianta 1</b>	<b>Varianta 2</b>	<b>Varianta 3</b>
<b>K1</b>	1,2	0,9	1,8
<b>K2</b>	1,25	1,5	1
<b>K3</b>	1,2	0,8	0,8
<b>K4</b>	0,6	0,6	0,6
<b>K5</b>	0,4	0,4	0,5
<b>Σ</b>	<b>4,65</b>	<b>4,2</b>	<b>4,7</b>

### 3 Výsledná varianta řešení

#### 3.1 Ramena dopravníku

Hlavním nosným prvkem rámu jsou ramena dopravníku. Ty tvoří profily z hliníkové slitiny AlMgSi 0,5 F25 (3.3206.7), číslo materiálu dle ISO normy 6060.[5] V prvotním návrhu byl navržen profil s průřezem 45x45mm, ten se ukázal vzhledem k délce dopravníku velmi poddimenzovaný, a proto byl nahrazen profilem 45x90 mm. Profil Bosch Rexroth P45x90L (Obr. 17) má délku 5000 mm. Tento profil byl vypočítán na průhyb při jeho zatížení. (kap.4)

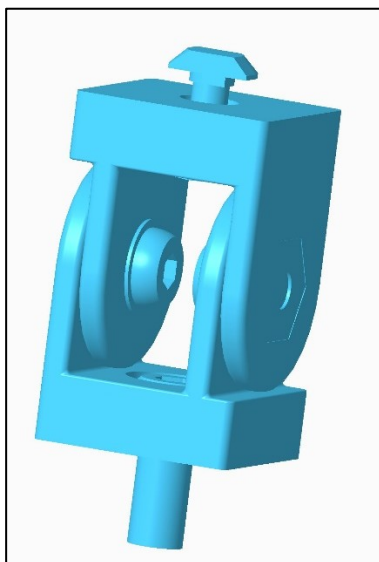
K tomuto profilu jsou připojeny klouby. Ty umožňují náklon ramen do požadované polohy. Dále jsou k ramenům upevněny úhelníky držící bezpečnostní vedení. Posledními prvky jsou sestava s válcem a válečky.



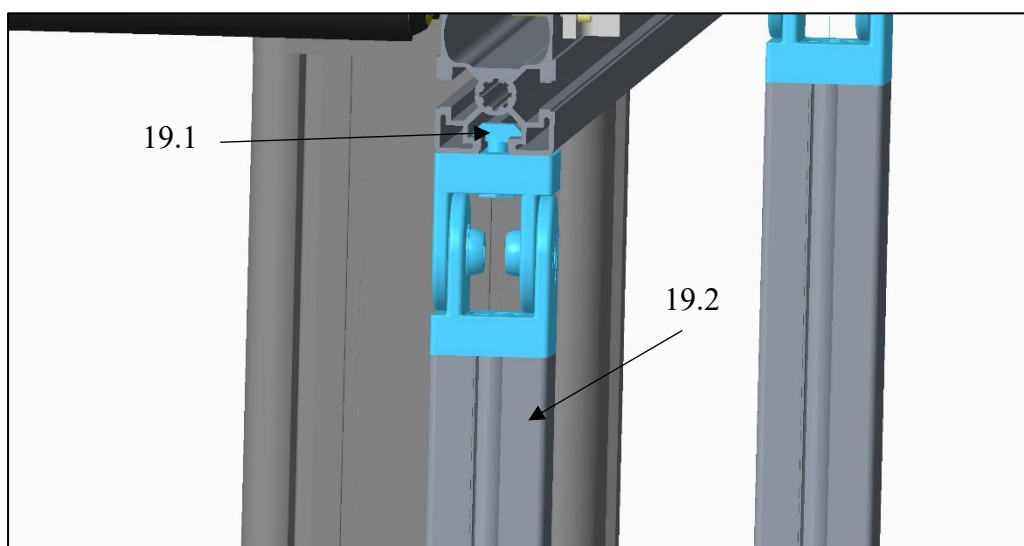
Obr. 17 – Profil P45x90L[5]

#### 3.2 Klouby

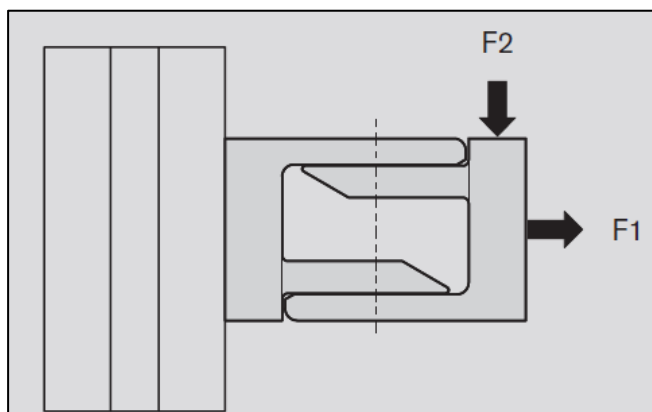
Pro otočný pohyb při zvedání ramen dopravníku byly zvoleny klouby firmy Bosch Rexroth (Obr. 18). Jde o sestavu, která je přímo vhodná pro dané profily. Kloub je k hlavním ramenům dopravníku je připevněn pomocí drážky v profilu, do které zasuneme T-hlavu šroubu (19.1), který následně přitáhneme pomocí matice. K nohám (19.2) dopravníku je kloub připojen pomocí závitů. Sestava kloubu obsahuje šroub a profil slouží jako matice (Obr. 19). Hlavní rozměry sestavy jsou 45x45, výška bez šroubů je 61 mm. Únosnost tohoto kloubu je  $F_1=15000\text{ N}$ ,  $F_2=1000\text{ N}$ . Silový rozbor je zobrazen na obrázku (Obr. 20).



Obr. 18 – Kloub 45x45



Obr. 19 – Upevnění kloubu



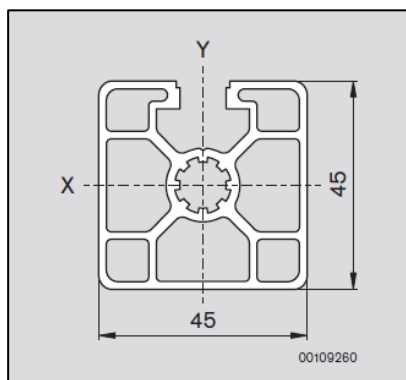
Obr. 20 – Silový rozbor kloubu[5]

### 3.3 Nohy

Podporou určující výšku a sklon dopravníku jsou nohy které jsou ve všech případech jako profil Bosch Rexroth P45x45 L1N s délkou 724 mm (Obr. 21). Stejně jako ramena dopravníku jsou vyrobeny ze slitiny hliníku.

Ke zlepšení tuhosti celého dopravníku a stejnému výsuvu nohou jsou jednotlivé páry nohou zpevněny profilem Bosch Rexroth P20x60. Do tohoto profilu byly vytvořeny díry, aby mohl být připevněn k nohám pomocí šroubu s T hlavou a zajištěn maticí s nákrůžkem.

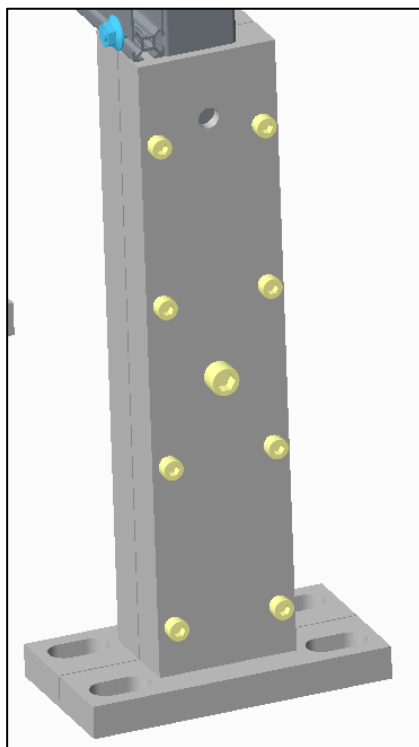
Nohy jsou ve třech řadách (Obr. 24). Prostřední řada nohou byla přidána až po výpočtech (kap.4) a je vzdálená od předních nohou 1500 mm. Prostřední a zadní řada nohou se vysouvají v patkách. proto je v nohách vyroben otvor s průměrem 13 mm, kterým je následně prostrčen šroub pro zajištění požadované polohy sklonu dopravníku.



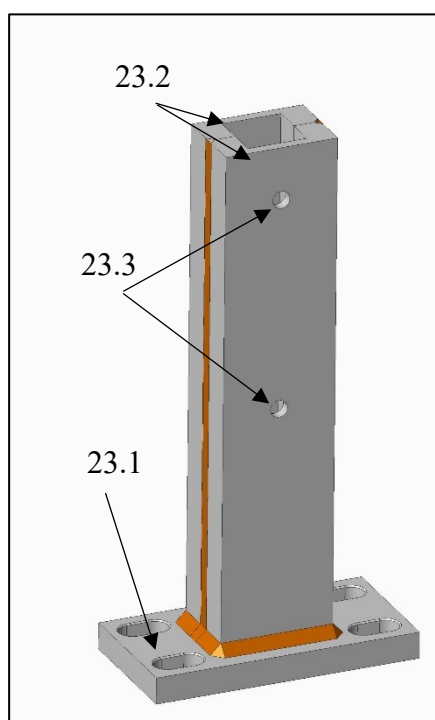
Obr. 21 – Profil P45x45L 1N[5]

### 3.4 Patky

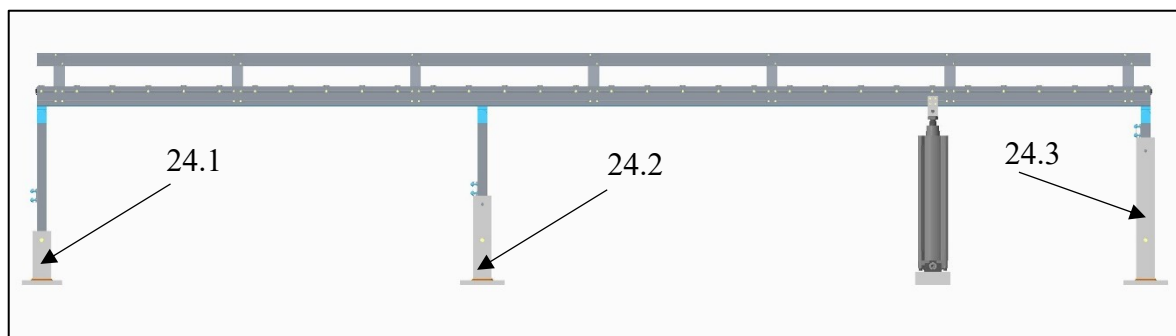
Nohy jsou uloženy v patkách, ve kterých se mohou vysouvat do požadované polohy. V původním návrhu byly patky sestaveny pouze ze dvou částí obsahující i podstavnou desku a následně sešroubovány k sobě (Obr. 22). Z hlediska výroby a úspory materiálu byl tento návrh změněn. a nyní jsou patky navrženy jako svařenec podstavné desky (23.1) a vodících částí (23.2) (Obr. 23). Všechny tyto části jsou z hliníkové slitiny AL 6061. Dopravník je osazen třemi řadami patek (Obr. 24). Přední patky (24.1) jsou spojené s nohami pomocí šroubu a připevněny k podlaze. Z důvodu, že při naklopení dopravníku se nohy střední (24.2) a zadní řady (24.3) posunou vpřed tak, že se zkrátí vzdálenost mezi řadami, musí být v těchto podstavných deskách vyrobeny drážky. V patkách střední a zadní řady jsou vyrobeny díry (23.3) v základní pozici a další pro pozici při nastavení daného sklonu, resp. výšky dopravníku. Pro zadní patky platí, že rozteč děr pro základní pozici a pozici vysunutí je stejná jakou požadujeme, tedy 400 mm. Pro střední patky je tato rozteč děr 160 mm.



Obr. 22 – Sestava patky šroubovaná



Obr. 23 – Svařenec patky



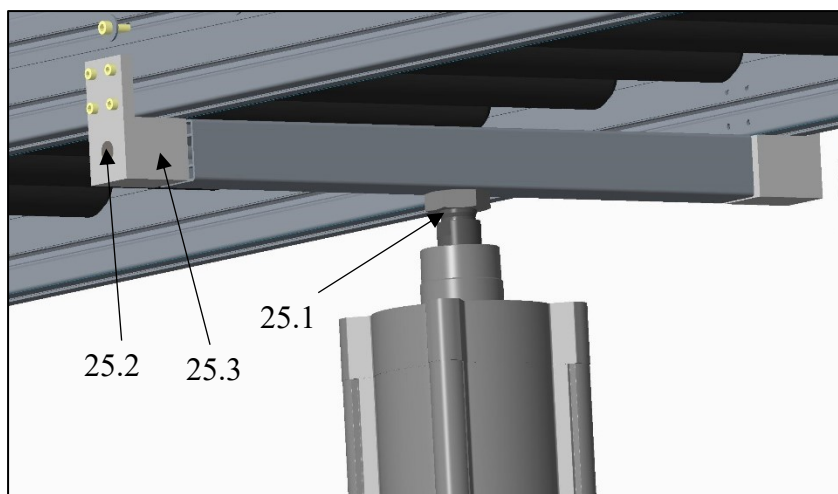
Obr. 24 – Rozmístění patek

### 3.5 Pneumatický válec

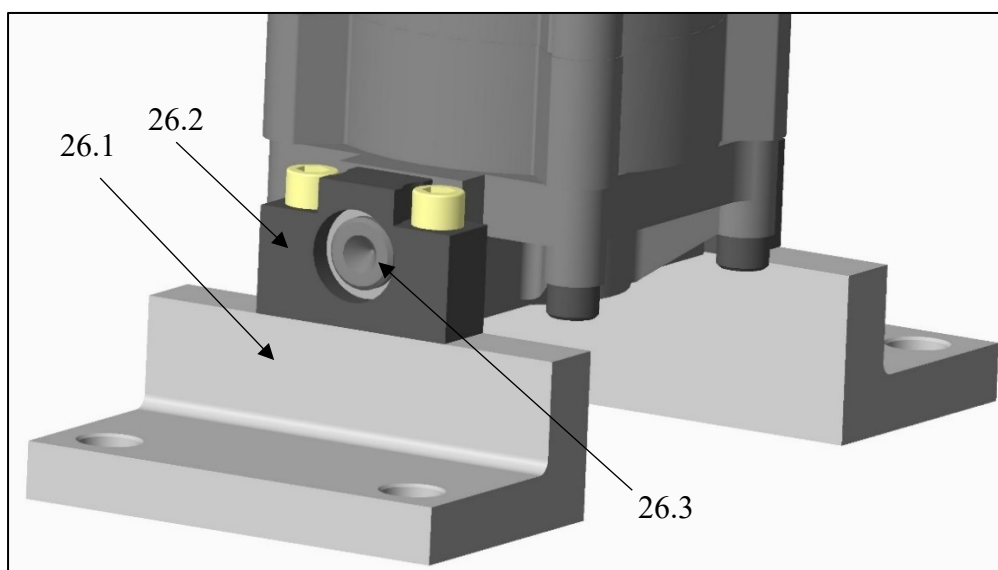
Zvedání dopravníku se děje za pomoci pneumatického válce. Tudíž byl zvolen válec od firmy Festo, konkrétně typ DSBC-125-400-PPVA-N3. Válec je vybaven tlumením na obou stranách a také je připraven pro použití přibližovacích čidel v koncových polohách. Pístnice (25.1) válce je přišroubovaná k profilu P45x45x490 L1N. Po přišroubování čepů (25.2) na konce profilu připojíme kluzné domky (25.3), a celou sestavu následně upevníme k dopravníku za pomoci 4 šroubů na každé straně (Obr. 25).

K podlaze je válec upevněn pomocí patek (26.1), na kterých jsou ložiskové domky Festo CRLNZG-125 (26.2) v nichž se otáčí kyvné čepy Festo ZNCF-125 (26.3) spojené s válcem (Obr. 26). V patkách jsou vyrobeny otvory pro šrouby s průměrem 20 mm a dva otvory pro připojení ložiskového domku.

Technické údaje pneumatického válce a ložiskového domku vidíme v tabulkách (Tab. 6) a (Tab. 7), ty byly převzaty ze stránek výrobce.



Obr. 25 – Upevnění válce k dopravníku



Obr. 26 – Upevnění válce k podlaze

Tab. 6 – Technické údaje pneumatického válce [6]

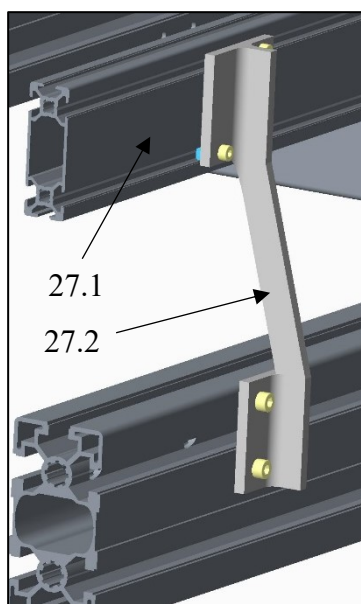
Parametr	Hodnota
zdvih	400 mm
průměr pístu	125 mm
závit na pístnici	M27x2
tlumení	PPV: nastavitelné pneumatické tlumení na obou stranách
montážní poloha	libovol.
odpovídá normě	ISO 15552
konec pístnice	vnější závit
konstrukce	píst pístnice profilová trubka
snímání polohy	pro čidla
varianty	jednostranná pístnice
provozní tlak	0.2 ... 10 bar
provozní režim	dvojčinný
provozní médium	stlačený vzduch podle ISO8573-1:2010 [7:4:4]
upozornění pro provozní a ovládací médium	provoz s přimazáváním olejem je možný (v jiných režimech se vyžaduje)
třída odolnosti korozi KBK	2 - mírné nároky na odolnost korozi
okolní teplota	-20 ... 80 °C
energie nárazu v koncových polohách	3.3 J
délka tlumení	45 mm
teoretická síla při 6 barech, zpětný chod	6,881 N
teoretická síla při 6 barech, dopředný chod	7,363 N
pohybující se hmotnost při zdvihu 0 mm	2,245 g
přírůstek hmotnosti na 10 mm zdvihu	151 g
základní hmotnost při zdvihu 0 mm	6,611 g
přírůstek pohybující se hmotnosti na 10 mm zdvihu	63 g
typ upevnění	dle volby: vnitřním závitem příslušenstvím
připojení pneumatiky	G1/2
upozornění k materiálu	ve shodě s RoHS
informace o materiálu víka	hliníkový tlakový odlitek potažený
informace o materiálu těsnění	TPE-U(PU)
informace o materiálu pístnice	vysoce legovaná ocel
informace o materiálu trubky válce	hliník legovaný pro tvárění hladce eloxováno

Tab. 7 – Technické údaje ložiskového domku [6]

Parametr	Hodnota
velikost	100/125
podle normy	ISO 15552
třída odolnosti korozi KBK	4 - obzvlášť silné nároky na odolnost korozi
okolní teplota	-40 ... 150 °C
hmotnost výrobku	739 g
upozornění k materiálu	prosté mědi a PTFE ve shodě s RoHS
informace o materiálu upevnění	vysoce legovaná nerezová ocel
informace o materiálu ložiska	plast

### 3.6 Bezpečnostní vedení

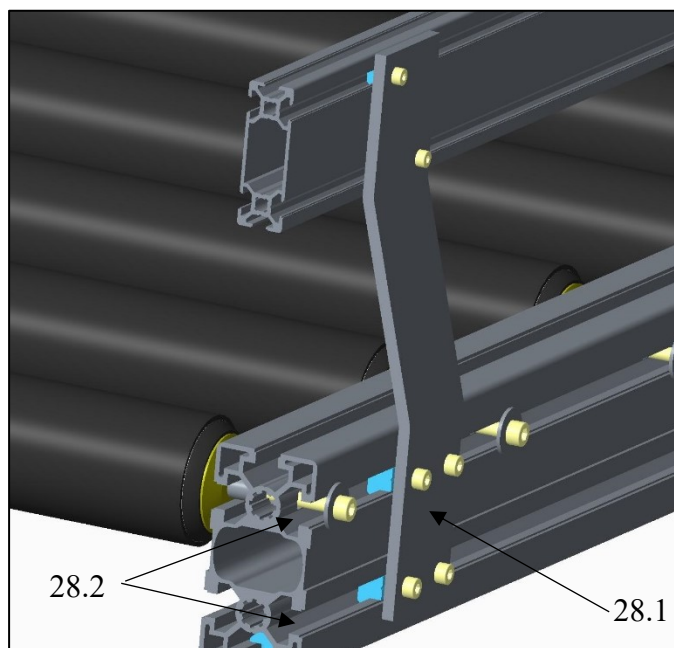
Bezpečnost proti pádu přepravky z dopravníku je zajištěna bočním vedením ve stejné šíři jako je šířka válečku tedy 500 mm. Bezpečnostní vedení (27.1) je provedeno jako profil P20x60x5000 po obou stranách dopravníku. V původních návrzích bylo toto vedení připevněno pomocí úhelníku (27.2), který byl přišroubován k ramenům dopravníku pomocí 4 šroubů a k výše zmíněnému profilu bezpečnostního vedení pomocí dvou šroubů a T matic v drážkách (Obr. 27).



Obr. 27 – Prvotní návrh upevnění vedení

Toto řešení bylo nahrazeno úhelníkem (28.1) vytvořeným jako ohnutí plechu o tloušťce 5 mm a jehož šířka činí 50mm. Řešení je jednodušší a levnější z hlediska výroby. Také bylo využito drážek (28.2) v profilu tvořícího ramena dopravníku, kdy je úhelník připevněn stejně jako k profilu tvořícího vedení, ale pomocí čtyř šroubů na místo dvou (Obr. 28).



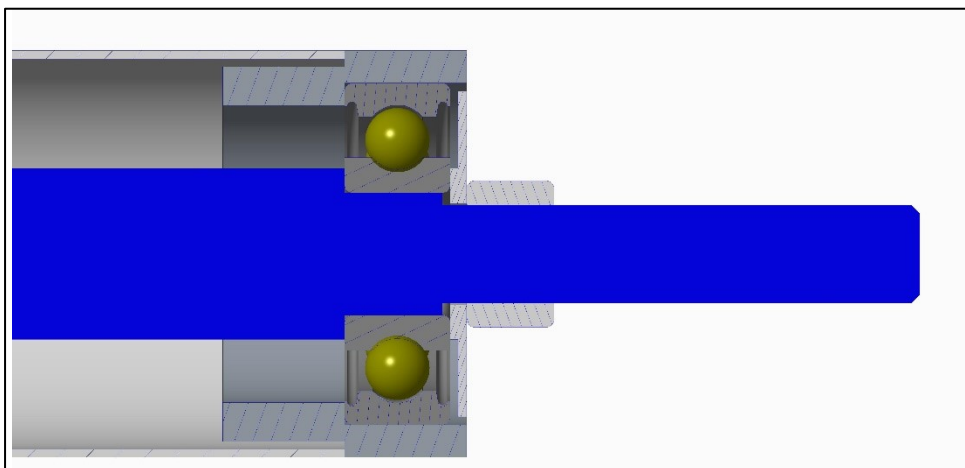


Obr. 28 – výsledné řešení upevnění vedení

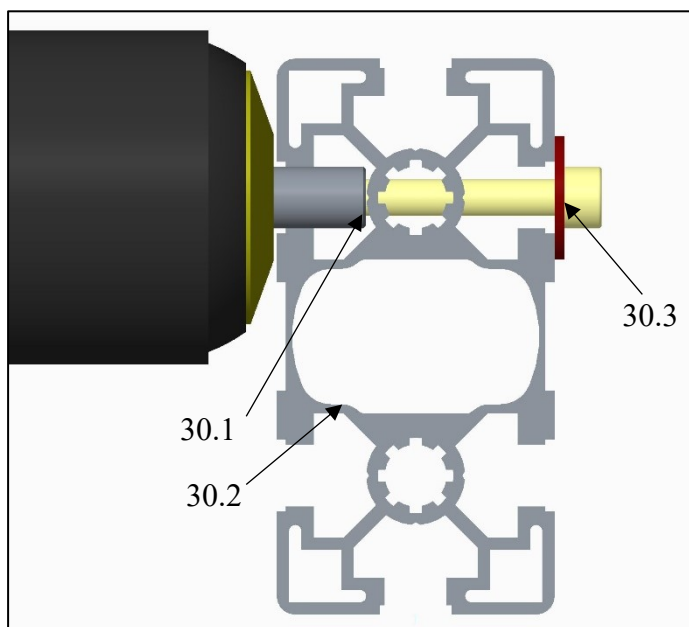
Úhelníků držících bezpečnostní vedení je 7, první úhelník je vzdálen od kraje dopravníku 75 mm. Další rozestup mezi úhelníky je 750 mm.

### 3.7 Válečky

Válečky byly zvoleny pro první návrh vyráběné na zakázku s průměrem 50 mm (Obr. 29), a připojené k ramenům dopravníku vnějším závitem a zajištěné maticí. Z důvodu snížení nákladů byla nalezena firma Interroll, která se výrobou dopravníkových válečků zabývá. Nyní jsou válečky typizované, ale dají se konfigurovat dle požadavků. Byly vybrány tedy válečky pro univerzální použití řady 1700 [7]. Tento váleček je tvořen trubkou s průměrem 50 mm a tloušťkou stěny 1,5 mm. Hřídel s průměrem 10 mm (30.1) osazenou ložisky 2RZ a vnitřním závitem M6. Pomocí tohoto závitu jsou válečky připojeny k ramenům dopravníku (30.2) a zajištěny šroubem a podložkou (30.3). Díky tomuto řešení jsou vrtány menší díry do profilu. Válečky mohou být instalovány tak, že se hřídel válečku zasune do drážek a následně je váleček zajištěn v dané poloze (Obr. 30).



Obr. 29 – Prvotní návrh válečků



Obr. 30 – Upevnění typizovaných válečků

Vzhledem k oslabení nosníku je počet válečků snižen. Původní rozteč mezi válečky byla 80 mm, nyní je 160 mm. Což postačuje i pro podmínku, že má přepravka ležet minimálně na třech válečcích současně. Válečky jsou rozmístěny tak jako i v ostatních variantách tudíž první a poslední váleček přesahuje dopravník o 5 mm na každé straně.

### 3.8 Podoba výsledné varianty

Po všech úpravách a výpočtech vypadá výsledná varianta takto (Obr. 31).



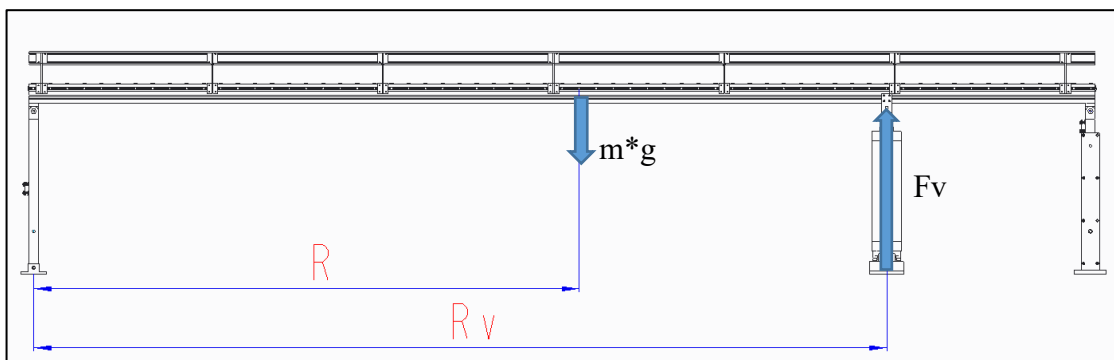
Obr. 31 - Konečná podoba varianty

## 4 Výpočtová část

Tato kapitola se zabývá výpočty pro návrh dopravníku. nejdřív byla spočtena síla potřebná pro zvedání dopravníku. Poté byl vypočítán průhyb ramena dopravníku a posledním výpočtem v této kapitole je výpočet válečkové trati.

### 4.1 Výpočet síly pro pneumatický pohon

Sílu, kterou musí vytvořit pneumatický válec při zvedání, vypočteme z rovnováhy momentů v rovnici (3.3). Moment  $M$  vytváří dopravník při otáčení v kloubu v předních nohách. Tento moment je tvořen silou vycházející z hmotnosti  $m$  a gravitačního zrychlení  $g$  působící na rameni  $R$  jak znázorňuje rovnice (3.1) Z hmotnosti  $m$  byla odečtena hmotnost pneumatického válce, předních nohou a všech patek, protože se při změně sklonu nezvedají. Moment válce  $M_v$  je vyjádřen v rovnici (3.2) a je tvořen silou  $F_v$ , která je potřebná ke zvedání a působí na rameni  $R_v$ . Vyjádřením z rovnic byla vypočtena síla  $F_v$  (3.4). Hodnoty pro výpočet jsou srovnány v tabulce (Tab. 8).



Obr. 32 – Výpočtové schéma

Tab. 8 – Hodnoty pro výpočet pohonu

$R$	3014	[mm]
$R_v$	4000	[mm]
$m$	240,5	[kg]
$g$	9,81	[m/s <sup>2</sup> ]

$$M = R * m * g \quad (3.1)$$

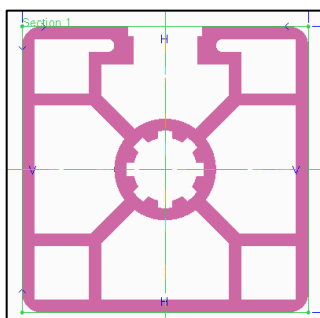
$$M_v = R_v * F_v \quad (3.2)$$

$$M = M_v \quad (3.3)$$

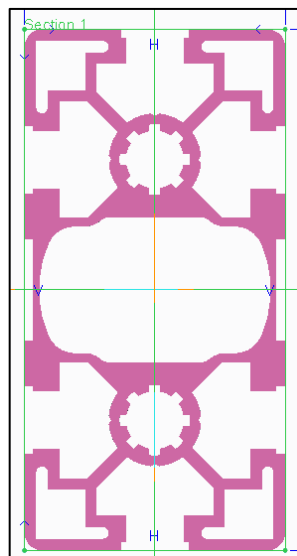
$$F_v = \frac{R * m * g}{R_v} = \frac{3014 * 240,5 * 9,81}{4000} = 1777,7 \text{ N} \quad (3.4)$$

## 4.2 Výpočet průhybu ramene dopravníku

Výpočet byl zvolen pomocí softwaru MITCalc, tento software pomáhá zjistit průhyb hlavních nosníků. Na obrázku vidíme profil prvotního návrhu, který byl použit u všech variant dopravníku (Obr. 33). Na dalším obrázku je použitý profil finální varianty (Obr. 34). První podporu tvoří přední nohy, druhou podporou ve vzdálenosti  $L_{1A}$  je pneumatický válec a třetí podpora je tvořena zadními výškově nastavitelnými nohami, které jsou ve vzdálenosti  $L_{2A}$ . Nosník s vypsányými parametry vzdáleností a spojitého zatížení (součet zatížení  $Q_v$  a  $Q_p$ ) vidíme na obrázku (Obr. 35).



Obr. 33 – Profil A - rozměry



Obr. 34 – Profil B - rozměry

Všech pět přepravek o hmotností  $m_p$  bylo nahrazeno spojitým zatížením  $Q_p$ , dále ke spojitému zatížení byla připočtena hmotnost válečků  $m_v$ , kterou taktéž nahrazujeme spojitým zatížením  $Q_v$ . dalším zatížením je vlastní hmotnost profilu. V programu MITCalc jsou vypsány následující parametry pro daný profil: plocha  $A$ , kvadratický moment průřezu k ose  $x - I_x$ , průřezový modul  $S_x$ . Dále jsou parametry doplněny o hodnoty pro materiál: hustota  $\gamma$ , modul pružnosti  $E$ , dovolené napětí v ohybu  $\sigma_b$  (Obr. 36). Hodnoty jsou zvoleny dle katalogu výrobce [5]. Zadané hodnoty jsou uvedeny v tabulce, ve které můžeme srovnat profily A a B, zejména pak kvadratický moment průřezu a průřezový modul (Tab. 9).

Tab. 9 – Zadávané hodnoty pro MITCalc

Hodnota	Profil A	Profil B	Jednotky
$L_{1A}$	4000	4000	[mm]
$L_{2A}$	1000	1000	[mm]
$L_1$	2000	2000	[mm]
$L_2$	2000	2000	[mm]
$L_3$	1000	1000	[mm]
$m_p$	30	30	[kg]
$m_v$	2,38	2,38	[kg]
$Q_p$	0,3	0,3	[N/mm]
$Q_v$	0,143	0,143	[N/mm]
$A$	570	1120	[mm <sup>2</sup> ]
$I_x$	110000	819000	[mm <sup>4</sup> ]
$S_x$	4800	18200	[mm <sup>3</sup> ]
$\gamma$	2700	2700	[kg/m <sup>3</sup> ]
$E$	70000	70000	[MPa]
$\sigma_b$	50	50	[MPa]

## Výpočet průhybu pro profil B:

**Přímé nosníky s konstantním průřezem** Výpočet nosníku

i Zkontrolujte řádek:3.8;

ii ☐ Informace o projektu

**Kapitola vstupních parametrů**

**1.0 ☒ Tvar, rozměry a zatížení nosníku**

1.1 Jednotky výpočtu: SI Units (N, mm, kW...)

1.2 Ukončení nosníku vlevo: B...Podpora

1.3 Počet podpor mezi: 1

1.4 Ukončení nosníku vpravo: B...Podpora

1.5 Pole nosníku číslo: **L1** **L2**

1.6 Délka pole nosníku	L	4000,0	1000,000	[mm]
1.7 Spojité zatížení	Q	0,443	0,443	[N/mm]
1.8 Souřadnice počátku pole			4000,0	[mm]

Obr. 35 – Nosník se třemi podporami - parametry

**2.0 ☒ Statické hodnoty profilu a materiálové hodnoty nosníku**

2.1 **Profil nosníku**

2.2 Typ profilu:

2.3 Rozměr profilu:

2.4 Uživatelské parametry profilu: Ano ☐

2.5 Počet nosníků vedle sebe: 2

2.6 Plocha	A	1120	[mm <sup>2</sup> ]
2.7 Kvadratický moment k ose	I <sub>x</sub>	819000	[mm <sup>4</sup> ]
2.8 Průřezový modul v ohybu	S <sub>x</sub>	18200	[mm <sup>3</sup> ]

2.9 **Materiál nosníku**

2.10 Seznam materiálů:

2.11 Hustota	γ	2700,0	<input type="checkbox"/> [kg/m <sup>3</sup> ]
2.12 Modul pružnosti v tahu	E	70000	<input type="checkbox"/> [MPa]
2.13 Dovolené napětí v ohybu	σ <sub>b</sub>	50	<input type="checkbox"/> [MPa]

Obr. 36 – Parametry profilu a materiálu

**Kapitola výsledků**

**3.0 ☒ Výsledky výpočtu**

3.1 Číslo podpory zleva	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>			
3.2 Reakce v podporách	754,23	2144,37	-532,40			[N]

3.3 Ohybový moment Min. / Max.	M <sub>o</sub>	-769,02	601,02	[Nm]
3.4 Průhyb nosníku Min. / Max.	y	-14,351	0,757	[mm]
3.5 Ohybové napětí Min. / Max.	σ <sub>b</sub>	-42,3	33	[MPa]
3.6 Hmotnost nosníku	m	15,1	[kg]	
3.7 Max. délka volného konce (vybočení)	L <sub>max</sub>	0,0	[mm]	
3.8 Relativní průhyb nosníku Max.	y'	0,359	[%]	

Obr. 37 – Výsledky profilu B se třemi podporami

Z výsledku (Obr. 37) vyplývá, že průhyb je stále velký. Je potřeba použít dalšího páru podpěrných nohou. Ty jsem umístil do poloviny vzdálenosti mezi předními nohami a válcem – vzdálenost  $L_1$ .

Byl navržen nový nosník a doplněn o parametry vzdáleností  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  a spojitě zatížení jako součet  $Q_p$  a  $Q_v$ . (Obr. 38) Ostatní parametry zůstaly stejné, tudíž mohl být znovu proveden výpočet.

**Kapitola vstupních parametrů**

1.0 ☒ **Tvar, rozměry a zatížení nosníku**

1.1 Jednotky výpočtu: SI Units (N, mm, kW...)

1.2 Ukončení nosníku vlevo: B...Podpora

1.3 Počet podpor mezi: 2

1.4 Ukončení nosníku vpravo: B...Podpora

1.5 Pole nosníku číslo: **L1** **L2** **L3**

1.6 Délka pole nosníku	L	2000,0	2000,000	1000,0	[mm]
1.7 Spojité zatížení	Q	0,443	0,443	0,443	[N/mm]
1.8 Souřadnice počátku pole		2000,0	4000,0		[mm]

Obr. 38 – Nosník se čtyřmi podporami – parametry

**Kapitola výsledků**

3.0 ☒ **Výsledky výpočtu**

3.1 Číslo podpory zleva	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	
3.2 Reakce v podporách	368,37	1102,43	766,33	129,07	[N]

3.3 Ohybový moment Min. / Max.	$M_o$	-209,73	143,37	[Nm]
3.4 Průhyb nosníku Min. / Max	$y$	-0,825	0,026	[mm]
3.5 Ohybové napětí Min. / Max	$\sigma_b$	-11,5	7,9	[MPa]
3.6 Hmotnost nosníku	m	15,1	[kg]	
3.7 Max. délka volného konce (vybočení)	$L_{max}$	0,0	[mm]	
3.8 Relativní průhyb nosníku Max.	$y'$	0,041	[%]	

Obr. 39 – Výsledky profilu B se čtyřmi podporami

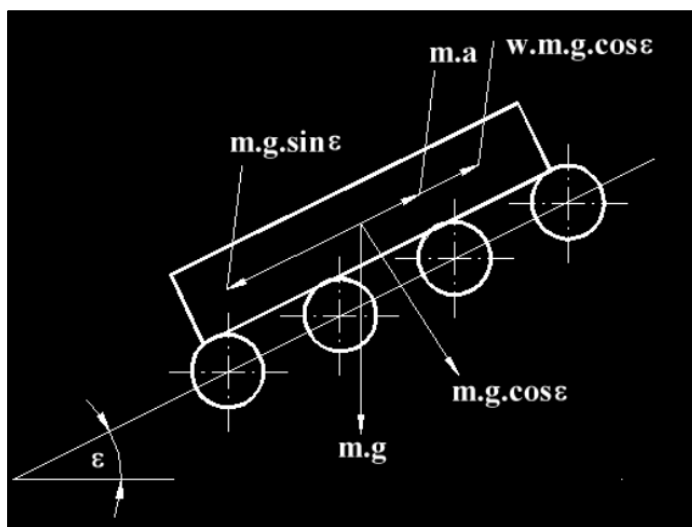
Výsledkem je průhyb  $y_{MIN} = 0,825$  mm (Obr. 39). Tato hodnota je již přípustná. Po provedených výpočtech byly přidány prostřední nohy.



### 4.3 Výpočet válečkové trati

Tento výpočet kontroluje zvolení správného úhlu sklonu. Podmínkou je, aby byl pohyb po trati rovnoměrný nebo rovnoměrně zrychlený. Rozklad sil při pohybu břemena po dopravníku vidíme na obrázku (Obr. 40). Pro pohyb po gravitačním dopravníku platí rovnice (3.5). Síla na překonání odporu proti pohybu  $F$  se skládá ze složek  $F_1$  a  $F_2$ . [8]

Zadané a volené hodnoty vidíme v tabulce. (Tab. 10)



Obr. 40 – Působení sil při posouvání břemena [8]

Tab. 10 – Hodnoty pro výpočet válečkové trati

$\mu_{\xi}$	0,02	[-]
$\varepsilon$	4,59	[°]
$m$	30	[kg]
$t_v$	160	[mm]
$m_v$	2,3	[kg]
$d_{\xi}$	10	[mm]
$D_v=D_k$	50	[mm]
$v_o$	1	$m*s^{-1}$
$e$	25	[mm]

$$m * \frac{d^2 x}{dt^2} + m * g * \cos \varepsilon * w - m * g * \sin \varepsilon = 0 \quad (3.5)$$

Pokud je uvažován pohyb konstantní rychlostí platí rovnice (3.6) a (3.7).

$$m * \frac{d^2x}{dt^2} = 0 \quad (3.6)$$

$$tg\varepsilon = w \quad (3.7)$$

**Síla  $F_1$  odpor valivého a čepového tření:**

$$F_1 = m * g * \cos\varepsilon * w + z * m_v * g * \frac{\mu_{\check{c}} * d_{\check{c}}}{D_v} = \quad (3.8)$$

$$F_1 = 30 * 9,81 * \cos 4,59 * 1,004 + 3 * 2,3 * 9,81 * \frac{0,02 * 0,021}{0,05} = 295,1 \text{ N}$$

Součinitel odporu proti pohybu  $w$  byl vypočítán dle rovnice (3.9).

$$w = \frac{2 * e + d_{\check{c}} * \mu_{\check{c}}}{D_k} \quad (3.9)$$

$$w = \frac{2 * 0,025 + 0,010 * 0,02}{0,05} = 1,004$$

**Síla  $F_2$  odpor způsobený najetím na stojící váleček:**

Ztráty se rovnají dvojnásobku kinetické energie rotujícího válečku, jak je vidět v rovnici (3.10). Vyjádřením z této rovnice lze vypočítat sílu  $F_2$ .

$$z * J * \omega^2 = F_2 * l \quad (3.10)$$

$$F_2 = \frac{J * \omega^2}{t_v} = \frac{7,19 * 10^{-4} * 40,04}{0,16} = 0,18 \text{ N}$$

Hmotný moment setrvačnosti rotujících částí válečku  $J$  a uhlová rychlost válečku byly vypočteny dle následujících rovnic (3.11) a (3.12). Pro výpočet výsledné rychlosti je potřeba vypočítat součinitel odporu  $w_1$  z rovnice (3.7) pro tento případ nastavení sklonu  $\varepsilon$ . Poté již může být vypočítána rychlost na dopravníku dle rovnice (3.13).

$$J = \frac{1}{2} * m * r^2 \quad (3.11)$$

$$J = \frac{1}{2} * 2,3 * 0,025^2 = 7,19 * 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\omega = \frac{v_0 + v_k}{D_v} \quad (3.12)$$

$$\omega = \frac{1 + 1,002}{0,05} = 40,04 \frac{rad}{s}$$

$$v_k = [2 * g * l * (\sin \varepsilon - \cos \varepsilon * w_1) + v_0^2]^{0,5} \quad (3.13)$$

$$v_k = [2 * 9,81 * 0,6 * (\sin 4,59 - \cos 4,59 * 0,08) + 1^2]^{0,5} = 1,002 \text{ m/s}$$

$$w_1 = \tan 4,59 = 0,08$$

Z výsledku vyplívá, že nárůst rychlosti je nepatrný. Tudíž lze uvažovat rovnoměrný pohyb a zároveň byla splněna podmínka. Pokračuji výpočtem rovnice (3.14) a vypočítám výslednou sílu F.

$$F = F_1 + F_2 \quad (3.14)$$

$$F = 295,1 + 0,14 = 295,28 \text{ N}$$

## 5 Výpočet nákladů

Tato kapitola je zaměřená na výpočet nákladů na výrobu součástí potřebných pro navržený dopravník.

V tabulce vidíme ceny profilů a součástí pro sestavení rámu dopravníku. Uvedené ceny profilů za kus jsou již s uřezáním (Tab. 11) [9].

Tab. 11 – Náklady na rám

Profily/šrouby/matice/klob	Cena/kus [Kč]	Počet kusů	Celková cena [Kč]
<b>P45x90x5000</b>	4257	2	8514
<b>P45x45x724</b>	468	6	2808
<b>P45x45x490</b>	348	1	348
<b>P20x60x590</b>	289	3	867
<b>P20x60x5000</b>	1913	2	3826
<b>Klob 45x45</b>	680	6	4080
<b>Matice M8 s nákrůžkem</b>	4	12	48
<b>Matice - T - M4</b>	18	28	504
<b>Matice - T - M5</b>	18	56	1008
<b>Šroub - T - M8x40</b>	18	12	216
<b>Cena za součásti rámu [Kč]</b>	22219		

Dále je uvedena cena za práci na profilech (Tab. 12), u dlouhých kusů bylo potřeba použití většího stroje, proto i cena za práci je vyšší.

Tab. 12 – Náklady na opracování profilů

Profil	Díry/závity	Cena/hod [Kč]	Čas [hod]	Počet profilů	Celková cena [Kč]
<b>P45x90x5000</b>	32x $\phi$ 8 4x M5	1000 350	4,5 0,5	2	9350
<b>P45x45x724</b>	1x $\phi$ 13 1x M8	500	1	6	3000
<b>P45x45x490</b>	1x M27 2x M12	500	1,5	1	4500
<b>P20x60x590</b>	4x $\phi$ 8	500	0,5	3	750
<b>Cena za práci na profilech [Kč]</b>		15100			

V další tabulce jsou uvedeny náklady na pohon a válečky (Tab. 13).

Tab. 13 – Náklady na pohon a válečky

Komponent	Cena/kus [Kč]	Počet kusů	Celková cena [Kč]
<b>Pneumatický válec Festo DSBC 125-400</b>	14631,39	1	14631,39
<b>Kyvné upevnění Festo ZNCF-125</b>	5596,98	1	5596,98
<b>Ložiskové domky Festo CRLNZG-125</b>	4002,37	1	4002,37
<b>Válečky Interroll Series 1700</b>	309	32	9888
<b>Cena za pohon a válečky [Kč]</b>	34119		

Ceny za ostatní spojovací materiál jsou uvedeny v tabulce níže (Tab. 14).

Tab. 14 – Náklady spojovacího materiálu

<b>Šrouby/matice</b>	<b>Cena/kus [Kč]</b>	<b>Počet kusů</b>	<b>Celková cena [Kč]</b>
<b>M6X50-8_8</b>	0,98	64	62,72
<b>M5X18-8_8</b>	0,36	56	20,16
<b>M4X10-8_8</b>	0,4	28	11,2
<b>M12X60-8_8</b>	5,5	4	22
<b>M12X70-12_9</b>	7,4	6	44,4
<b>M5X30-8_8</b>	0,6	8	4,8
<b>Matice M12</b>	2,7	6	16,2
<b>Cena za spojovací materiál [Kč]</b>		182	

Náklady na jednotlivé součásti jsou vypočteny jako náklady na materiál a jeho opracování, v případě patek pro nohy dopravníku také svaření.

V následujících tabulkách (Tab. 15; Tab. 16; Tab. 17) jsou uvedeny náklady na sestavu zadní, střední a krátké patky.[10] Uvedené ceny sestav jsou rovny vždy jen jedné sestavě patky pro jednu nohu. Pro konečnou cenu celého dopravníku je potřeba tuto cenu vynásobit dvěma.

Tab. 15 – Náklady sestava patky zadní

Součást	Polotovar	Cena/ polotovar [Kč]	Operace-čas [hod]	Cena/hod [Kč]	Ks	Celková cena [Kč]
<b>Patka zadní</b>	100x32x645	596	Frézování - 4,5 Vrtání - 0,5	500 500	2	6192
<b>Deska patky</b>	100x25x210	172	Frézování – 2,5	500	1	1422
			Svařování – 1,5	350		525
<b>Cena sestava patky zadní [Kč]</b>			8139			
<b>Cena 2 kusů sestavy</b>			16278			

Tab. 16 – Náklady sestava patky střední

Součást	Polotovar	Cena/ polotovar [Kč]	Operace-čas [hod]	Cena/hod [Kč]	Ks	Celková cena [Kč]
<b>Patka střední</b>	100x32x385	355	Frézování - 4 Vrtání - 0,5	500 500	2	5210
<b>Deska patky</b>	100x25x210	172	Frézování – 2,5	500	1	1422
			Svařování – 1,5	350		525
<b>Cena sestava patky střední [Kč]</b>			7157			
<b>Cena 2 kusů sestavy</b>			14314			

Tab. 17 – Náklady sestava patky přední

Součást	Polotovar	Cena/ polotovar [Kč]	Operace-čas [hod]	Cena/hod [Kč]	Ks	Celková cena [Kč]
<b>Patka přední</b>	100x32x225	208	Frézování – 3,5 Vrtání - 0,5	500 500	2	5210
<b>Deska patky přední</b>	100x25x185	152	Frézování – 1,5 Vrtání - 1	500 500	1	1402
			Svařování – 1	350		350
<b>Cena sestava patky přední [Kč]</b>			6962			
<b>Cena 2 kusů sestavy</b>			13924			

Pro sestavu válce jsou potřeba vyrobit tři součásti, v tabulce (Tab. 18) jsou vypočítány náklady na výrobu kluzného domku, čepu a patky válce [11].

Tab. 18 – Náklady součásti pro sestavu válce

Součást	Polotovar	Cena/ Polotovar [Kč]	Operace-čas [hod]	Cena/hod [Kč]	Ks	Celková cena [Kč]
<b>Kluzný domek</b>	60x60x100	57,45	Frézování – 1,5 Vrtání - 0,5	500 500	2	2115
<b>Čep</b>	6HR 26x105	16	Soustružení - 1	500	2	1032
<b>Patka válce</b>	160x80x105	437,5	Frézování - 1	500	2	1875



V poslední tabulce (Tab. 19) je vypočtena cena pro výrobu úhelníku držícího bezpečnostní vedení. Cena řezání je stálá a cena za ohyb plechu je uvedena pro tloušťku do 6 mm.

Tab. 19 – Náklady na úhelníky

<b>Součást</b>	<b>Polotovar</b>	<b>Cena/ Polotovar [Kč]</b>	<b>Operace-čas [hod]</b>	<b>Cena/hod [Kč]</b>	<b>Ks</b>	<b>Celková cena [Kč]</b>
<b>Úhelník</b>	50x5x235	8,5	Řezání	25	14	4599
			Ohyb	120		
			Vrtání - 0,5	350		

Náklady na materiál a výrobu činí 125 757 Kč bez DPH.

## 6 Závěr

Cílem této práce bylo navržení gravitačního válečkového dopravníku. Seznámil jsem se s fakty o válečkových dopravnících obecně, ať co se týče poháněných nebo nepoháněných (gravitačních). Zaměřil jsem se důkladně na jejich konstrukci, typy používaných válečků a seznámil se s portfoliem nabízeným několika firmami.

Navrhováním několika variant jsem se mohl naučit s částí softwaru Creo pojmenovanou Framework, ve které lze sestavit z hliníkových profilů a součástí, určeným k těmto profilům základní rám dopravníku. Obecně lze říct, že s hliníkovými profily se pracuje velmi snadno.

Z navržených variant byla vybrána dle kritérií ta nejvhodnější, která byla detailněji zpracována a na které museli být provedeny úpravy z konstrukčního i výrobního hlediska. Největším z těchto uprav byla úprava patek, pomocí kterých jsou nohy upevněny k podlaze.

Dále jsem zjistil, jaké výpočty jsou potřeba pro navržení dopravníku. Například u výpočtu průhybu ramen dopravníku bylo využito výpočtu nosníku se spojitým zatížením. Pro tento výpočet jsem využil softwaru MITCalc, který mi pomohl definovat počet a rozmístění podpor.

Tato práce mi také pomohla v konstrukčním myšlení a zlepšila můj odhad týkající se navrhování součástí. Poslední kapitola mi ukázala časovou a finanční náročnost na výrobu jednotlivých dílů.

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Zdeňkovi Konečnému za pomoc, cenné rady a doporučení, kterými přispěl ke vzniku této práce.

## Seznam použité literatury

- [1] Feifer: Válečkové dopravníky DP - ocelové válečky [online]. [cit. 2016-10-2]. Dostupné z: <http://www.feifer.cz/346-valeckove-dopravniky-dp-ocelove-valecky.html>
- [2] BRÁZDA, Robert. *DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ*. Ostrava: VŠB-TUO, 2013. ISBN 978-80-248-3012-4.
- [3] Drasař: Dopravníkové válečky [online]. [cit. 2016-10-2]. Dostupné z: <http://www.drasar.cz/Dopravnikove-komponenty/Dopravnikove-valecky>
- [4] Strand: Gravitační dopravníky [online]. [cit. 2016-10-2]. Dostupné z: <http://strand.cz/uncategorized/1621/>
- [5] Katalog Bosch Rexroth: Mechanické základní prvky. 12. vyd. Stuttgart, Germany, 2007.
- [6] Festo: Katalog. *Festo: Katalog* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products)
- [7] Interroll: Válečky [online]. Břeclav, 2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.interroll.cz/>
- [8] POLÁK, Jaromír. *Dopravní a manipulační zařízení II.* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, 2003 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: [http://www.342.vsb.cz/pol25/Polak\\_DaMZ\\_2\\_NP.pdf](http://www.342.vsb.cz/pol25/Polak_DaMZ_2_NP.pdf)
- [9] ASKMT: Produkty [online]. Litvínov, 2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.askmt.com/>
- [10] Ehlinik: Standardní hliníkové profily [online]. Pardubice, 2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.ehlinik.cz/>
- [11] Kondor: Eshop [online]. Radotín, 2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz/>

## **Přílohy**

Příloha A: CD médium – bakalářská práce v elektronické podobě, výkresová dokumentace v elektronické podobě

Příloha B: Sestava dopravníku – výkres 01-00

Příloha C: P20x60x590 – výkres 01-00-04

Příloha D: Deska patky přední – výkres 01-04-02